ELEKTROSTATIKA

INTERAKZIO ELEKTRIKOA:

Interakzioa: elkar eragina indarra

Korronte elektrikoaren jatorria: materiaren egitura atomikoan

Coulomn-en legea: $F = \frac{KQq}{R^2}$ → Bakarrik karga puntualentzat

Indar zentrala: partikulen artean erakarpen eta aldarapen indarrak daude, indar hauek partikula elkartzen dituen lerro zuzenaren gainean kokatzen dira.

$K = 9 \cdot 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$; $K = {}^1/_{4\pi\varepsilon_0}$

Gainezarmenaren Printzipioa: 2 karga puntual baino gehiago daudenean.

Kargen kontserbazioa: kargak aldatu, transferitu… daitezke baina kontserbatzen dira.

FENOMENO ELEKTRIKOAK

Karga banaketa: gorputz kargatu bat neutro batera hurbiltzean protoiak eta elektroiak banatu egiten dira.

Indukzioa: karga banaketa indukzioaren bidez gertatzen da.

Materia polarizatu: gorputz neutro batean karga banaketa gertatzean, polarizatu dela diogu.

ε_0: Permitibitatea, interakzioa permitibitatearen araberakoa da.

KARGEN KOKAPENA

Materiak dituen elektroi askeen kopuruaren arabera kargak gehiago sakabanatzen dira.

Eroaletan: gorputz osotik sakabanatzen dira.

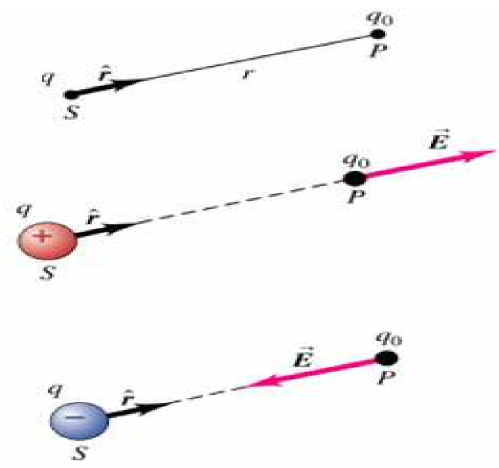
Dielektrikoetan: karga inposatu zaion zonaldean soilik.

EREMU ELEKTRIKOA

EREMU KONTZEPTUA

Coulomb-en legea ez du interakzioa gertatzen den denbora kontuan hartzen Faraday-k hau konpontzeko EREMU KONTZEPTUA planteatzen du.

EREMU ELEKTRIKOAREN DEFINIZIOA: masa batek bere inguruan eragin bat du, jadanik aldaturiko zonalde batean sartzean honek interakzio bat pairatuko du



$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ karga puntualena $\vec{E} = \frac{KQ}{r^2}\overrightarrow{U_r}$

- Karga + edo – izanik $\vec{E}$ berdina, baina aurkako noranzkoan.
- Eremua Q karga SORTZAILEAREN araberakoa da.
- GAINAZARMENAREN PRINTZIPIOA eremuarekin ere eramaten da.

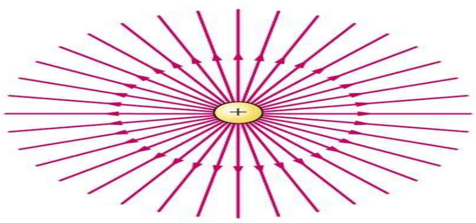
EREMU ELEKTRIKOA GRAFIKOKI

Indar lerroak: karga + sartu eta – bukatzen dira.

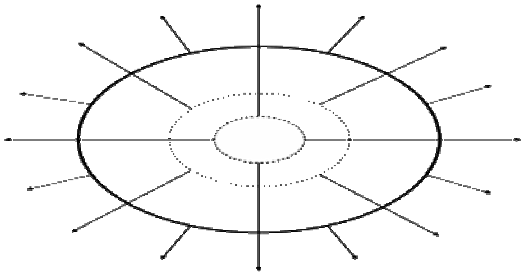
Karga isolaturik egonda zuzenak eta erradialak dira.

Ez dira inoiz gurutzatzen.

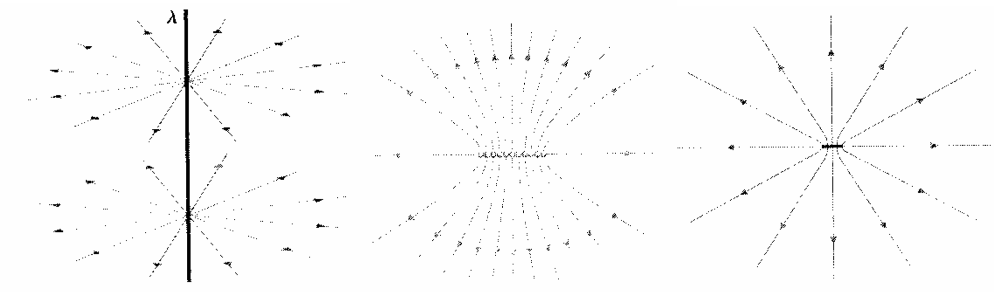
Geruza esferikoa: esfera barrua E = 0



Esfera zurruna: esfera kontzentriko pilo, erdialdean E = 0



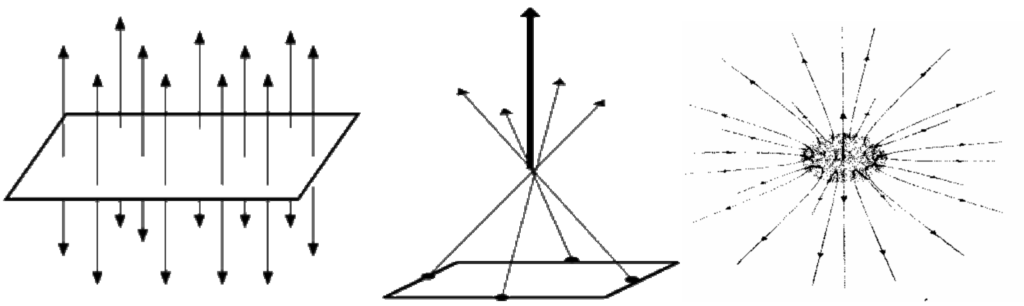
HARIA: karga dentsitate lineala $\lambda = \frac{q}{L}$



Hurbil dagoenean ikustean

Urrutitik

GAINAZAL LAUA:



Hurbiletik ikustean

Urrunetik ikustean

KARGA JARRAITUEK SORTURIKO EREMU ELEKTRIKOAREN ADIERAZPEN MATEMATIKO

FLUXUA: Gainazal baten zeharkako eremu-lerro kopurua

- Gainazal itxiek eremu sortzaileari buruz informazio gehiago ematen digu
- Sartu eta irteten diren eremu-lerro kopurua berdina denean ez dago kargarik
- Eremu lerroak estuak eremu bortitza eta fluxua handia

E ↑ , ф ↑

$$\phi = \vec{E} \cdot \vec{S} \rightarrow \phi = E \cdot S \cdot \cos \varphi$$

$$\vec{E} // \vec{S} \cos 0° = 1 \rightarrow \phi max$$

$$\vec{E} \perp \vec{S} \cos 90° \rightarrow \phi = 0$$

- Azalera irekiak → S ↑ , ф ↑ Proportzionalak
- Azalera itxiak → ф - S-ren menpekoa baina ez proportzionala.

FLUXUAREN DEFINIZIO KUANTITATIBOA $\phi = \int_S \vec{E} \cdot d\vec{s}$

EDOZEIN BOLUMENEKO GAINAZAL ITXIEN FLUXUAREN KALKULUA

- Ezinezkoa da Q edozein gorputzean sarturik fluxua kalkulatzea integralaren bidez
  - o GAUSS

$$\phi = \int_S \vec{E} \cdot d\vec{s} = \oint_S E \cdot ds \cdot \cos \varphi \rightarrow \phi_{bs} = \oint_{bs} E \cdot ds = E \oint_{bs} ds = E \cdot S \rightarrow$$

$$\phi_{bs} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Q}{r^2} \cdot 4\pi r^2 = \frac{Q_{BAR}}{\varepsilon_0}$$

- KARGA BANAKETA LINEALA

$\lambda = \frac{Q}{L}$ Ez dago gainazal itzirik GAUSS aplikatzeko

  - o Integrazio matematikoa: $\lambda = \frac{dQ}{dL}$

$$E_y = \frac{2k\lambda}{y} \operatorname{sen} \theta_0 = \frac{2k\lambda}{y} \frac{\frac{1}{2}L}{\sqrt{(\frac{1}{2}L)^2 + y^2}}$$

Y>>L → karga puntuala $E = \frac{KQ}{r^2}$

Y<<L→ hari infinitua → zilindro baten barruan sartu, Gauss aplikatu

$$\phi = E \cdot 2\pi r \cdot h$$

$$E = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_o}$$

- KARGA BANAKETA LAUA

  $\sigma = \frac{Q}{S}$ [diska]

  - Integrazio matematikoa: $\sigma = \frac{dQ}{dS}$

$$E_x = kx\pi\sigma\left[\frac{(x^2+a^2)^{-1/2}}{-\frac{1}{2}}\right]_0^R = -2kx\pi\sigma\left(\frac{1}{\sqrt{x^2+R^2}}-\frac{1}{x}\right)$$

(x diskaren zentrotik eta ardatzaren gaineko puntu bateko distantzia)

X<<R → $E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$ → Gauss zilindro edo paralelepipedo

- KARGA BANAKETA ESFERA BATEAN

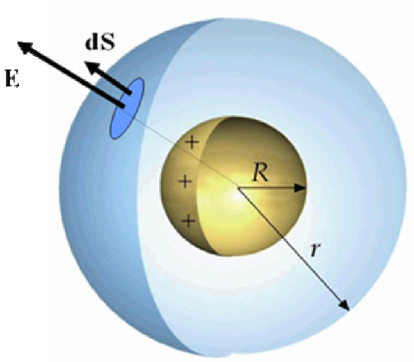
r>R

$$\Phi = \int_S \vec{E}\cdot d\vec{s} = \oint E\cdot ds\cdot \cos\varphi$$

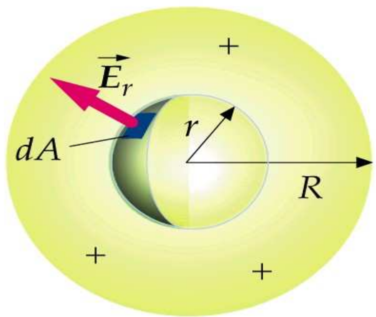
→ Φ_{bs} =

$$\oint E\cdot ds = E\oint ds = E\cdot S = E\cdot 4\pi r^2$$

$$E\cdot 4\pi r^2 = \frac{Q_{bar}}{\varepsilon_0} \rightarrow E = \frac{Q_{bar}}{4\pi r^2\varepsilon_0}$$



r<R



$$\Phi = \int \vec{E}\cdot d\vec{s} = \oint E\cdot ds\cdot \cos\varphi$$

→ $\Phi_{bs} = \oint E\cdot ds = E\oint ds = E\cdot S = E\cdot 4\pi r^2$

$$E\cdot 4\pi r^2 = \frac{Q_{bar}}{\varepsilon_0} \rightarrow Q_{bar} = 0\cdot V = Q\cdot\frac{r^3}{R^3}$$

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{Q}{R^3}\cdot r$$

FENOMENO ELEKTRIKOEN AZTERKETA ENERGETIKOA. POTENTZIAL ELEKTRIKOA

KARGEN MUGIMENDUA

LANA: $W = \int_A^B \vec{F}d\vec{s}$ $\qquad$ $\vec{F}//d\vec{s}$ cos 0º = 1 → $w = max$

$\vec{F} \perp d\vec{s}$ cos 90º = 0 → w= 0

INDAR KONTSERBAKORRAK: egindako lana independentea denean ibilbidearekiko bakarrik hasierako eta amaierako puntuak hartzen dira kontuan.

$W_A^B = -\Delta U = \Delta E_k = -(U_b - U_a) \rightarrow$ Energia mekanikoaren kontserbazioa

Edozein indarrarentzat $\forall F \rightarrow W_A^B = E_{ka} - E_{kb} = \Delta E_k$

ENERGIA POTENTZIALAREN ALDAKETA: $\Delta U = -\int_A^B \vec{F} d\vec{s}$

- $\vec{F} // d\vec{r} \rightarrow -\int_A^B \vec{F} d\vec{r} = \int_A^B F dr \cdot cos0^o = \int_A^B \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Qq}{r^2} dr = -\frac{Qq}{4\pi\varepsilon_0}\int_A^B \frac{dr}{r^2}$
- $\Delta U = -\frac{Qq}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{r_b} - \frac{1}{r_a}\right)$

Bigarren kargaren menpe egon ez dadin, indar elektrikoan oinarrituz kalkulatu dezakegu.

- $U_r = \frac{\Delta U}{q} = -\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{r_b} - \frac{1}{r_a}\right)$

IKUR BEREKO KARGAK HURBILTZEAN

Q $\cdot$ q > 0 | $\Delta E_k < 0 \rightarrow E_{kA} > E_{KB} \rightarrow V_A > V_B$

$r_a > r_b \rightarrow$ distantzia txikikoa, hurbilketa

Energia irabazi

Desazeleratu

Kanpoko indarrak egiten du lan

$\Delta E_K > 0 \rightarrow W < 0$

q KARGA Q KARGAREN BARNEAN

r_a-tik r_b-ra mugitzeko egin beharreko lana

$$\Delta U = \frac{Qq}{4\pi\varepsilon_o}\left(\frac{1}{r_b} - \frac{1}{r_a}\right)$$

$$\Delta U = -W$$

$$W = \frac{Qq}{4\pi\varepsilon_o}\left(\frac{1}{r_a} - \frac{1}{r_b}\right)$$

$$\frac{W}{q}\ (zatitzen\ dugu\ garraiatzen\ den\ kargarekin)$$

$$\frac{W}{q} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{r_a} - \frac{1}{r_b}\right) = V_a - V_b \rightarrow V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{r}$$

$$W = q(V_a - V_b)$$

q>0 (POTENTZIAL HANDITIK TXIKIRA)

W<0 kanpoko indarrak lan

$\Delta E_k > 0 E_k \uparrow$

$\Delta V < 0$ Energia potentziala ↓

q<0 (POTENTZIAL TXIKITIK HANDIRA)

W>0 eremuak lan

$\Delta E_k > 0 E_k \downarrow$

$\Delta V < 0$ Energia potentziala ↑

POTENTZIAL ELEKTRIKOAREN ADIERAZPEN GRAFIKOA

GAINAZAL EKIPOTENTZIALA: potentzial bereko puntu guztiak biltzen ditu. Esferak sartzen ditu kargaren inguruan.

Gainazal ekipotentzial beretik karga bat mugitzeko egin beharreko lana "0" da.

EREMU ELEKTRIKOA ETA POTENTZIALAREN ARTEKO ERLAZIOA

- Potentzial aldakuntza ezaguturik eremuaren norabidea kalkulatu:
  - $dw = -q \cdot dv$
  - $dw = \vec{F} \cdot d\vec{r} = q \cdot E$

  $\left.\begin{array}{l} dw = -q \cdot dv \\ dw = \vec{F} \cdot d\vec{r} = q \cdot E \end{array}\right\}$ GRADIENTEA $dv = -\vec{E} \cdot d\vec{r}$
- Gainazal ekipotentzial arteko Δv berdina da
  - Kargatik urrun V ↑↑
  - Kargatik hurbil E ↑↑

KARGABANAKETA JARRITUEK SORTURIKO POTENTZIAL ELEKTRIKOA

- Eremua ezagututa:
  - $E = \frac{dv}{dr} \to \int_a^b dv = \int_a^b -\vec{E} \cdot d\vec{r} \to \Delta v$
- Eremua ezezaguna → infinitu zatitan banatu

GERUZA ESFERIKOAK SORTUTAKO POTENTZIALA

r≥ $R \to E = k\frac{Q}{r^2}$

$$\int_0^r dv = -\int_\infty^r \vec{E} \cdot d\vec{r} = -\int_\infty^r k\frac{Q}{r^2} \cdot dr = -kQ\int_\infty^r \frac{dr}{r^2} = -kQ\left(-\frac{1}{r}\right)_\infty^r$$

$$eremua\ \infty\ izanik\ v - 0 = k\frac{Q}{r} \to v = k\frac{Q}{r}$$

Barruan eremua E=0

PLANU INFINITU BATEK SORTUTAKO POTENTZIALA (karga dentsitate uniformearekin)

$E = 2k\pi\sigma\left(1 - \frac{x}{R}\right)$ → Integrazio matematikoaren bitartez ateratako formula.

$K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}$; R deuseztatu dugu beraz $E = 2\frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\pi\sigma \cdot (x) = \frac{\sigma x}{2\varepsilon_0}$

$$\int_0^r dv = -\int_0^x \vec{E} \cdot d\vec{x} = -\int_0^x \frac{\sigma x}{2\varepsilon_o} \cdot d\vec{x}$$

$$v = \frac{\sigma}{2\pi\varepsilon_o} \cdot x$$

HARI INFINITUAK SORTUTAKO POTENTZIALA

$$E = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon_o r}$$

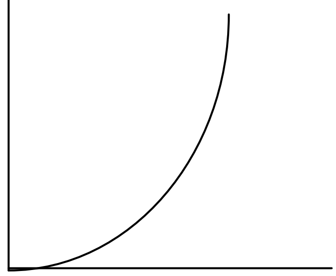
$$dv = -\vec{E} \cdot d\vec{r} = -\int_0^v E \cdot dr = \int_0^v \frac{-\lambda}{4\pi\varepsilon_o r} \cdot dr = \frac{-\lambda}{4\pi\varepsilon_o}\int_0^v \frac{dr}{r}$$

$$v = \frac{-\lambda}{4\pi\varepsilon_o} \cdot Ln(r)$$

- Karga puntuala v_o abiaduraz sartzen da eremu elektriko uniformean; ibilbidearen ekuazioa: $Y = \frac{1}{2} \cdot \frac{qE}{v_o m} \cdot x^2$
- $X: H.Z.U.; X = v_0 t$
- Y: H.Z.U.A.
  - F=m·a
  - F=q·E

$$\left.\begin{array}{l} F = m \cdot a \\ F = q \cdot E \end{array}\right\} a = \frac{qE}{m}$$

$$Y = \frac{1}{2} \cdot \frac{qE}{m} \cdot t^2$$



- Dipoloa eremu uniformean sartzean:
  - Errotatu egiten du ez transladatu
    - Paralelo jarri arte. Eremua uniformea ez bada transladatuko da.

MATERIARI GETATUTAKOA EREMU ELEKTRIKOETAN SARTZEAN

OREKA: $\vec{E} = \overline{E_{bar}} + \overline{E_{ind}} = 0$

- Eroale bat kargaturik eta orekan dagoenean eremua gainazalarekiko elkarzuta da, Tg izatekotan kargak mugituko ziren.

PUNTA EFEKTUA: gehiegizko karga alde zorrotzetan kontzentratzen da.

DESKARGA DISRUPTIBOA: eremua hain bortitza izanik molekulen loturak apurtzen dira molekulak ionizatuz, bere inguruan airea ionizatu egiten da ere txinpartak sortuz.